

شبكات الاتصالات العصبية.. هل تنجح فى محاكاة العقل البشرى؟

يحتوى دماغ الإنسان العادى على نحو 1000 مليار خلية عصبية، لكل خلية منها ما يقارب 10 آلاف مشبك عصبى يربطها بالخلايا الأخرى. ومن المفارقات المدهشة أن سرعة بعض أجهزة الكمبيوتر تفوق سـرعة الخلايا العصبية الموجودة فى العقل البشرى بنحو 10 مليارات مرة. ومع ذلك فإن الشخص العادى، يمكنه التعرف على ملامح الوجوه المألوفة فى 1 / 10 فقط من الثانية (واحد على عشـرة من الثانية) باستخدام خلايا عصبية لا تزيد سرعتها على 1 / 1000 من الثانية (واحد على ألف من الثانية).

بدراسـة الدماغ البشـرى، وجد العلماء أنفسهم أمام كشـف جبار، وملهم، فإذا تمكنـوا مـن بناء شـبكات اتصـالات لاسـلكية، تحاكـى بعض الوظائـف التى يقـوم بها العقل البشـرى فـى معالجـة البيانـات، والتحليل، واتخـاذ القرارات، فإنهـم بـلا شـك، سـيحققون قفـزة هائلـة فـى عالـم شـبكات الاتصـالات، وتغيير مسـتقبل البشـرية بشـكل جذرى.

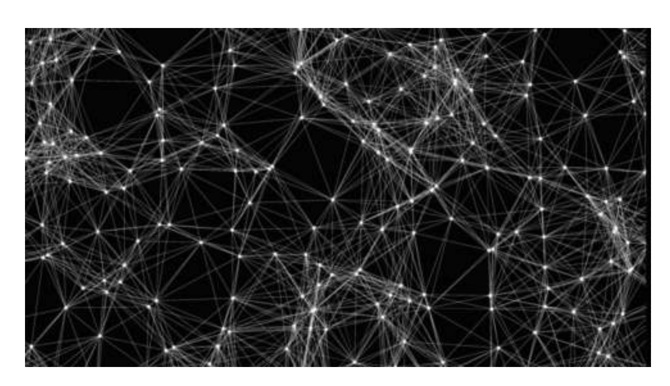
وبنـاء عليـه، فكـروا فـى ضـرورة أن يتم تصميـم، وبنـاء شـبكات اتصالات "عصبيـة"، تقـوم بوظائـف مشـابهة لوظائـف الدماغ البشـرى، ووجـدوا أن مـن المهـم أن تكون تلك الشـبكات ذكية، تتمتـع بديناميكة عاليـة، وقدرات هائلـة على تحليل المعطيـات من البيانات، واتخاذ قرارات سـريعة دون تدخل منهم، بل، ويمكنها التنبوء بالأحداث المسـتقبلية، وتكييف نفسـها، واسـتباق الأحـداث بنـاء على الخبرات التى سـبق للشـبكة تعلمهـا. وكان الحل هو دمج مفهـوم الـذكاء الاصطناعى بمفهوم الشـبكات اللاسـلكية، للخروج بشـبكات لاسـلكية عصبية ذكية.

طريقة عمل المخ البشرى

يمكن تعريف شـبكات الاتصـالات العصبية على أنها محاولـة رياضية برمجية لمحـاكاة طريقـة عمـل المـخ البشـرى مـن حيـث قابليتـه للتعلـم، والتذكر، وتمييـز الأشـياء، و اتخـاذ القـرارات. فالخلايـا العصبيـة الموجودة فـى الدماغ البشـرى تتشـابك فيمـا بينها بينهـا بطريقة معقـدة جدا، ولـكل خلية أطراف تسـمى الزوائـد العصبيـة، ممـا يشـكل شـبكة هائلـة مـن الخلايـا العصبية المرتبطـة فيمـا بينها عن طريق هـذه الزوائد. ويتيح هـذا الترابط بين الخلايا العصبيـة القـدرة علـى تخزيـن المعلومـات، والصـور، والصـوت، وخلافه من الإشـارات التـى تصلها عبـر الحواس الخمـس، ومن ثم تتيح لهـا أيضا التعلم عن طريـق التكـرار والخطأ.

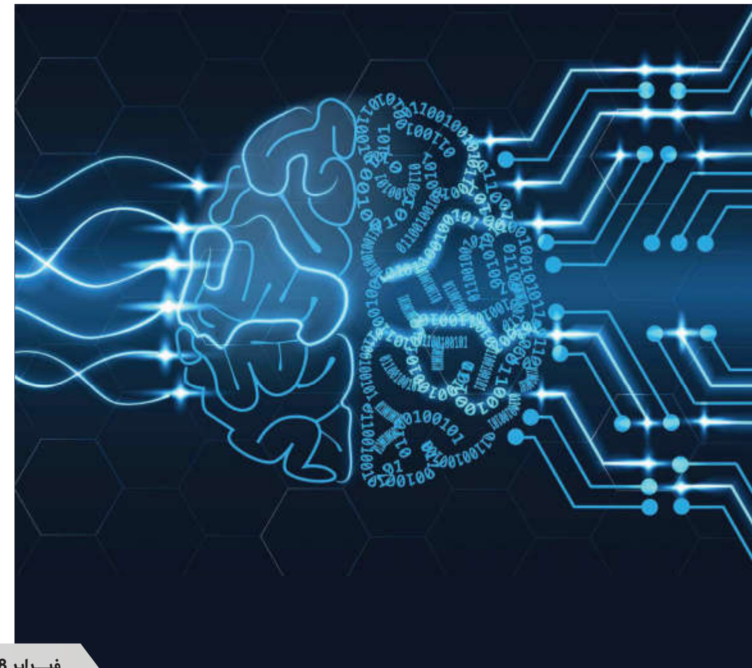
الطفل والأسد والزرافة

يمكن لطفل صغير أن يميز ببسـاطة بين صورة الأسـد والزرافة، وهذه العملية البسـيطة للطفـل، ربما تكون معقـدة جدا جدا لجهاز الكمبيوتر، وحتى للسـوبر كمبيوتـر، ولهـذا لجأ العلماء لمحاولـة بناء نماذج رياضيـة تحاكى طريقة عمل الدمـاغ. نشـأ عن هذا العلـم الجديد ما يسـمى بالذكاء الصناعـى. وأحد أنواع هـذا الـذكاء الصناعى هـو الشـبكات العصبية. رأينـا كيف أن الطفـل الصغير خصـص جـزءا من خلايـا دماغه لتكوين شـبكة عصبية تعلم بهـا التميز بين الصـور التى عرضت عليه. وأن هذه الشـبكة يمكن أن تتطـور، وتتعلم، وتنمو أكثـر فأكثر، وتصبح قـادرة أكثر على اتخاذ القـرارات الصحيحة.



تمر الشبكات اللاسلكية بثورة كبيرة. وتتحول الشبكات التى كانت ترتكز على الهواتف التقليدية بالأمس تدريجيا إلى شبكة أضخم مرتبطة بإنترنت الأشياء، الذى يدمج مزيجا غير متجانس من الأجهزة اللاسلكية التى تتراوح بين الهواتف الذكية، والطائرات بدون طيار، والأجهزة القابلة للارتداء، وأجهزة الاستشعار، وأجهزة الواقع الافتراضى. ولن يؤدى هذا التحول غير المسبوق إلى تحقيق نمو هائل فى حركة الاتصالات اللاسلكية فى المستقبل المنظور فحسب، بل سيؤدى أيضا إلى ظهور حالات جديدة لاستخدام الشبكات اللاسلكية، وهى حالات لم نختبرها بعد، لأنها تختلف كثيرا عن خدمات الوسائط المتعددة التقليدية، أو الخدمات الصوتية التى نعرفها.

على سبيل المثال، وبغض النظر عن الحاجة إلى معدلات نقل بيانات فائقة السرعة، التى كانت المحرك الرئيسى لتطور الشبكات اللاسلكية فى العقد الماضى، يجب أن تكون شبكات الجيل التالى اللاسلكية قادرة على تقديم اتصالات فائقة الموثوقية، وآنية، بحيث توفر الاتصال فى الوقت الحقيقى لبيئة غنية وحيوية من التقنيات المتنوعة. على سبيل المثال، ستكون الطائرات بدون طيار، والمركبات ذاتية القيادة فى القلب من إنترنت الأشياء. وهذا بدوره سيحتاج إلى نشر وصلات لاسلكية فائقة الموثوقية يمكن أن توفر التحكم فى الوقت الحقيقى لهذه الأنظمة المستقلة. وفى الوقت نفسه، فإن شبكات الغد اللاسلكية يجب أن تجمع كميات كبيرة من البيانات، بشكل دورى، وفى الوقت الحقيقي، عبر عدد هائل من أجهزة الاستشعار، والأجهزة التى يمكن ارتداؤها. وستؤدى هذه التبادلات الضخمة لحزم البيانات إلى حركة كبيرة على الوصلة الصاعدة اللاسلكية Up Link التى كانت تقليديا أقل ازدحاما بكثير من الوصلة الهابطة Down Link. لهذا سنجد فى نهاية المطاف أننا أمام بيئة مختلفة جذريا عما نعرفه



فى الوقت الحالى، مما يتطلب تغييرات جوهرية فى الطريقة التى ستتم بها نمذجة الشبكات اللاسلكية مستقبلا، وتحليلها، وتصميمها، وتحسينها. تم إجراء الكثير من الدراسات التى تبحث عن أفضل السبل لبناء شبكات المستقبل اللاسلكية، التى ستكون ضمن سياق الشبكات اللاسلكية الناشئة من الجيل الخامس للاتصالات المحمولة. وتم بالفعل تحديد المكونات الرئيسية لشبكات الجيل الخامس، مثل نشر خلايا صغيرة كثيفة، واتصالات الموجات المليمتر، والاتصالات من جهاز إلى جهاز، ودمجهم جميعا فى نظام لاسلكى متناغم، يمكن أن يلبى التحديات التى ستفرضها إنترنت الأشياء عن طريق إدماج وظائف ذكية فى كل من نواة الشبكة، والأجهزة الطرفية.

ووضع العلماء باعتبارهم أهمية أن تكون هذه الوظائف الذكية قادرة على استغلال موارد النظام اللاسلكى، والبيانات المولدة، على نحو استباقى من أجل تحسين تشغيل الشبكة وضمان تقديم الخدمات فى الوقت الحقيقي، وتلبية متطلبات جودة خدمات الاتصالات اللاسلكية، وخدمات إنترنت الأشياء، وهو ما لا يمكن تحقيقه إلا من خلال دمج المفاهيم الأساسية للذكاء الاصطناعى فى البنية التحتية للشبكة اللاسلكية وفى أجهزة المستخدم النهائى.

أسطورة تالوس



يعود البعض بفكرة الذكاء الاصطناعى إلى الرجل الأسطورى البرونزى اليونانى "تالوس"، وهو رجل ذكى ذكاء صناعيا تم إنشاؤه لحماية جزيرة "كريت" من الغزاة، إلا أن إمكاناته الحقيقية لم تتحقق إلا مؤخرا بسبب التطورات الجوهرية فى تقنيات التعلم الآلى، بشكل عام، وشبكات الاتصالات العصبية على وجه الخصوص.

بلا شك، تعتبر أدوات التعلم الآلى، السفينة الأساسية التى تحمل الذكاء الاصطناعى لتؤتى ثمارها من خلال عدد لا يحصى من التطبيقات كتطبيقات معالجة اللغة الطبيعية، والروبوتات، والنظم المستقلة. وعلى هذا النحو، فإن إنشاء الشبكات اللاسلكية المعززة يتوقف على تطوير المجموعة الصحيحة من أدوات التعلم الآلى، والشبكة العصبية التى يمكن أن توفر العدد الكبير من وظائف الذكاء الاصطناعى المطلوبة فى الشبكات اللاسلكية المستقبلية، وإطلاق العنان للإمكانات الحقيقية لإنترنت الأشياء. ويجب بطبيعة الحال أن تكون هذه الأدوات مصممة خصيصا للخصائص لتلبية المتطلبات الفريدة للبيئة اللاسلكية، التى تختلف بوضوح عن التطبيقات التقليدية للذكاء الاصطناعي، مثل الروبوتات.

الذكاء الاصطناعى

من المتوقع أن يلعب الذكاء الاصطناعى أدوارا متعددة فى الجيل التالى من الشبكات اللاسلكية بهدف استغلال تحليلات البيانات الكبيرة لتعزيز الوعى الفورى حسب الموقف، وبما يتوافق مع تشغيل الشبكة بشكل عام.

وفـى هذا السـياق، سـيوفر الـذكاء الاصطناعـى للشـبكة اللاسـلكية القدرة علـى التحليل من خلال كميـة هائلة من البيانات الـواردة من مصادر متعددة تتـراوح من قياسـات القنوات اللاسـلكية، وقـراءات أجهزة الاستشـعار، وصولا إلـى الطائـرات بـدون طيـار، من أجـل إنشـاء خريطة تشـغيلية شـاملة لهذا العـدد الهائـل من الأجهزة المرتبطة بالشـبكة. هذه الخريطـة يمكن، بدورها، اسـتغلالها لتحسـين وظائف مختلفة، مثل رصد الخطأ وتتبع المسـتخدم أثناء تنقله عبر الشـبكة اللاسـلكية.

كما سـيكون الذكاء الاصطناعى المحرك الرئيسـى وراء حركة التنبؤات القوية للشـبكات، ووظائـف تحليـل البيانـات، وسـتتيح أدوات التعلـم الآلـى إدخـال أدوات ذكيـة لإدارة الموارد، يمكن اسـتخدامها لمعالجـة مجموعة متنوعة من المشـاكل بداية من اختيـار الخلايا، واختيار تكنولوجيـا النفاذ الراديوي، وصولا إلـى تخصيـص التـرددات، وإدارة الطيـف، والتحكـم فـى الطاقـة، وطريقـة تشـكيل وتهيئـة حزم البيانـات الذكية.

القرار المناسب فى الوقت المناسب

وعلـى النقيض مـن التقنيـات التقليدية، فإن آليـات إدارة المـوارد المدعومة بالـذكاء الاصطناعى سـتكون قـادرة على العمل بشـكل كامل عبـر الإنترنت مـن خـلال التعلـم، والتعامل فى الوقـت الحقيقي، مع مسـتخدمى الشـبكة. وبالتالـى فـإن هذه الآليات سـوف تكون قـادرة على القيام بعمليات تحسـين ذاتـى مسـتمر لأدائهـا مـع مـرور الوقـت، وبالتالـى، سـتتيح آليات أكثـر ذكاء وديناميكيـة تتيـح للشـبكة اللاسـلكية اتخـاذ القـرار المناسـب فـى الوقـت المناسـب. ومثل هذا القـرار الذكى هو أمر ضرورى للكثيـر من خدمات إنترنت الأشـياء المتوقعـة، وخدمـات الجيـل الخامـس، وخاصـة تلـك التـى تتطلـب التعامـل واتخـاذ القـرارات الفوريـة، مثل القيـادة الذاتيـة، وتوجيـه الطائرات بـدون طيار، والتحكم فى المنشـآت الصناعية. فى الواقع، إذا كانت الشـبكات مصممة بشـكل صحيح، وتمتلك خوارزميات صحيحة مؤهلة لتحسـين الذكاء الاصطناعـى القائـم على التعلـم والتنظيم الذاتى، وإصـلاح الأخطاء الذاتى، واقتـراح الحلـول الأمثـل ذاتيـا لمجموعـة واسـعة مـن المشـاكل. إن حلـول التنظيـم الذاتـى التـى تعتمد علـى الـذكاء الاصطناعـى تعتبر الحـل الامثل الشـبكات اللاسلكية.

التعلم الآلى

ويمكـن للـذكاء الاصطناعـى أن يلعـب دورا رئيسـيا فـى الطبقـة الماديـة للشـبكة الاسـلكية، فيمـا يتجـاوز وظائفهـا علـى مسـتوى المنظومـة. وكما هـو مبيـن فى الأعمـال الحديثة، يمكن اسـتخدام الشـبكات العصبية وأدوات التعلـم الآلـى لإعادة تحديـد الطريقة التى يتـم بها تصميـم وظائف الطبقة المادية، مثل التشـفير والتشـكيل، على مستوى المرسـل ومستوى المستقبل علـى السـواء، ضمن نظـام اتصالات عام. وقـد أظهر هذا النهـج القائم على الـذكاء الاصطناعـى الكثيـر من القـدرة على تقليـل معدلات الخطـأ، وتوفير تعامـل أفضل مـع القنوان اللاسـلكية.

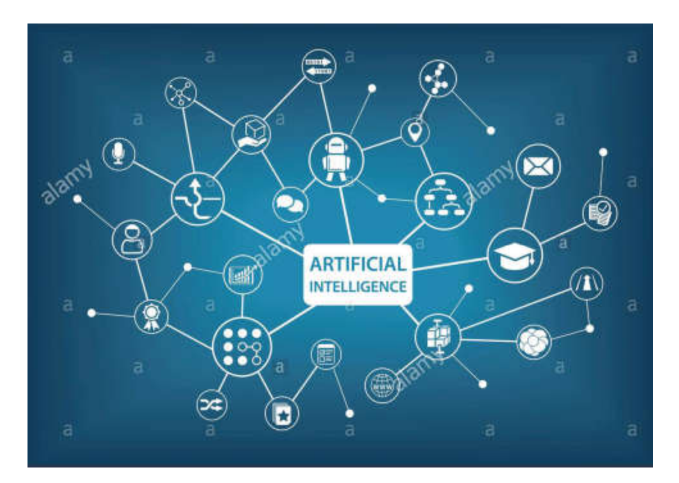
الواقع الافتراضى

إن النشـر السـريع للخدمات اللاسـلكية التى تركز على المستخدم بشكل كبير، مثـل تطبيقـات الواقـع الافتراضى، تتطلب تحفيز قدرات الشـبكات اللاسـلكية التـى يمكنها التكيف مع سـلوك المسـتخدم البشـري. وفى هذا الصـدد، ربما يكـون التعلـم الآلى هـو الأداة الوحيدة القادرة على تقليد السـلوك البشـرى، الأمر الذى سيسـاعد الشـبكة اللاسـلكية على تكييف وظائفها مع مستخدميها البشريين.

ومـن الواضح أن تشـغيل النظام القائم على أسـاس الـذكاء الاصطناعى لم يصبح مجرد اختيار، بل ضرورة لشـبكات المسـتقبل اللاسـلكية. وسوف تمهد تصاميم الشـبكات اللاسـلكية التى يحركهـا الذكاء الاصطناعـى الطريق نحو مجموعـة غنيـة لا يمكن تصورها من وظائف الشـبكة، والخدمات اللاسـلكية التـى تقدمها.

الاندماج

وبالتالـى فـإن السـؤال لـم يعـد إذا كانـت أدوات التعلـم الآلى سـتندمج فى الشـبكات اللاسـلكية، بـل متـى سنشـهد حـدوث هـذا الاندمـاج فـى الواقع. فقـد تأكـدت أهمية الشـبكة اللاسـلكية المعـززة بالـذكاء الاصطناعى، وتم دعمهـا بعدد من نماذج الشـبكات اللاسـلكية الحديثة، مثل الشـبكات الواعية بالمحتـوى، وشـبكات تحليـلات البيانـات الضخمـة، والخدمـات القائمـة على المواقـع، والحوسـبة المتنقلة، ومعظمهـا يعتمد على التعلم الآلـى أو الأدوات المسـتوحاة مـن الـذكاء الاصطناعى. وبالتالـي، من المهم أن تركز الشـبكات علـى مواجهـة التحديـات الرئيسـية لتطويـر أطـر التعلـم الآلـى، باسـتخدام الشـبكات العصبيـة الاصطناعيـة، والتـى هى واحدة مـن أهم ركائـز التعلم الآلـى، مـع التركيز علـى كل مـن التقنيـات التحليليـة الجديدة من الشـبكات العصبيـة، وسـيناريوهات التطبيقـات اللاسـلكية الجديدة.



التجربة والتكرار

يسـتند التعلـم الآلى إلـى فرضيـة أن الآلات يجـب أن تكون مجهـزة بالذكاء الاصطناعـى الـذى يمكنها من التعلم الذاتـى من التجارب السـابقة، والتكيف مـع بيئتهـا مـن خلال التجربـة والتكـرار. وتحليل البيانـات الذكية نظـرا لتزايد حجـم البيانـات التـى يتم إنشـاؤها عبـر البنية التحتيـة لشـبكات الاتصالات. وانتشـرت خوارزميـات تعلـم الآلـة فـى كل مكان، وتوسـعت فـى العديد من القطاعـات مثل الخدمـات المالية، الحكومـة، الصحة والرعايـة، والتكنولوجيا، والتسـويق والمبيعـات، حيـث يتـم اسـتخدام خوارزميـات التعلـم الآلـى لبناء النمـاذج التى تكشـف الاتصالات، والتنبـؤ الديناميكى، واتخـاذ القرارات الذكية دون تدخل بشـري.

وعلـى سـبيل المثـال، يتيـح اسـتخدام التعلـم الآلى للنظـام فهـم العلاقات الاجتماعيـة بيـن الأفـراد، ويمكنـه التعـرف علـى الـكلام والوجـه والكتابـة. وبعبارة أخرى القدرة على اكتشـاف العلاقات المحتملـة بين بيانات المدخلات، وبيانـات الناتـج منهـا، ومن ثـم تصنيفها.

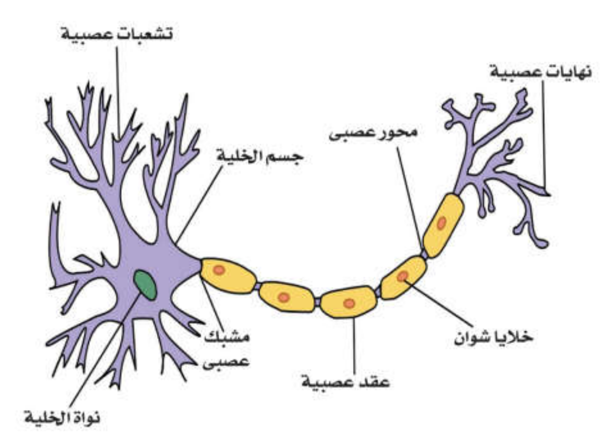
الشبكات العصبية البشرية

تسـتلهم الشـبكات العصبيـة فكرتهـا مـن الهيكليـة والجوانـب الوظيفية التى تؤديها الشـبكات العصبية البشـرية، والتـى يمكن أن تعالـج البيانات المعقدة أو غيـر الدقيقـة. وتتألف الشـبكة المعينة من عدد كبير مـن عناصر المعالجة المترابطـة للغايـة التـى تعمـل بالتـوازى من أجل حـل مشـكلة معينة. فهى تتعلـم من البشـر ومـن الكمبيوترات الأخرى. لإنشـاء طريقة تفكيـر منهجية، ومنظمـة خاصـة بهـا لتمثيـل المعلومـات التى تتلقاهـا خلال عمليـة التعلم. وعـلاوة علـى ذلـك، يمكنهـا أن تسـتخدم التنظيـم الذاتـى لمعرفـة كيفية القيـام بالمهـام، وتحديد الأولويات بنـاء على الخبرات السـابقة. ولهذا يمكنها اسـتخدام الـذكاء الاصطناعى للتحقق والتنبؤ بسـلوكيات المسـتخدمين لحل

مشـاكل الشـبكة اللاسـلكية، وإدارة الطيـف، والتوزيع الأمثـل للطاقة، بحيث إن أقصـى طموحهـا هـو الوصول إلى مسـتوى تفاعل يتشـابه مع مسـتوى التفاعل البشـرى لتوقع سـلوكيات المسـتخدمين المستقبلية.

محاكاة العقل البشرى

تتكـون بنيـة الشـبكات العصبيـة القديمـة مـن عـدد مـن عناصـر المعالجة البسـيطة والمترابطـة للغايـة والمعروفـة باسـم الخلايـا العصبيـة، والتـى تسـتخدم لتقليـد نفـس النمـط الـذى يتعلم بـه الدماغ البشـري. فشـبكات الاتصـالات العصبيـة سـتتمتع بنمـوذج اصطناعـى مشـابه للجهـاز العصبى البشـري، الذى عناصره الأساسـية هـى الخلايا العصبية المسـتخدمة لمعالجة المعلومـات، والحـس، والإدراك، ثـم نقـل هـذه الإشـارات أو المعلومـات عبر الجهـاز العصبـى إلـى العقـل. وتتكون الخلايـا العصبية البشـرية مـن النواة، والتشـعبات المرتبطـة بهـا، والمحـاور العصبيـة. وترتبـط الخلايـا العصبيـة ببعضهـا البعـض بواسـطة التشـعبات والمحـاور العصبيـة. وتعـرف نقـاط الاتصال بين كل اثنين من الخلايا العصبية باسـم المشـابك. وتتغير الإشـارة حسـب المعلومـات التى يتم نقلهـا إلى الخلايا العصبيـة. وإذا كان هذا التغيير يجعـل قـدرة الغشـاء العصبـى تتجـاوز قيمة معينـة، فـإن الخلايـا العصبية ترسـل إشـارة إلى جميع الخلايـا العصبية المتصلة بها تخبرهـم بذلك. وبهذه الطريقـة تنتشـر الإشـارات عبر الجهـاز العصبى البشـرى.



وتتكـون الخلايـا العصبيـة الاصطناعيـة فى الشـبكات مـن العناصـر التالية: (أ) عـدد مـن الاتصـالات الـواردة، مماثلـة لنقـاط الاشـتباك العصبـى علـى التشـعبات فـى الدمـاغ البشـرى. (ب) عدد مـن الاتصـالات الصـادرة، مماثلة لنقـاط الاشـتباك العصبـى التـى تحـدث علـى المحـور العصبى فـى الدماغ البشـرى، و (ج) قيـم التفعيـل والتعيين لـكل الخلايا العصبيـة، وهذه بدورها تكـون مماثلـة لإمكانيـات غشـاء الخلايـا العصبيـة البشـرية. ولمحـاكاة قوة نقاط الاشـتباك العصبى للخلايا العصبية البشـرية، سـيكون لكل اتصال فى الشـبكات اللاسـلكية قوة اتصـال محددة.

وبهـذا سـتتوافر للشـبكات اللاسـلكية إشـارات للإدخـال والإخراج مـن الخلايا العصبيـة للشـبكة، مـع اسـتخدام وظيفة لتنشـيط الاتصـالات بيـن الخلايا. وسـوف يتم اعتماد وظيفة التنشـيط فى الشـبكة العصبية اللاسـلكية تماثل المعـدلات المحتملـة فـى كل خليـة مـن الخلايـا العصبيـة. ويتوقـف اختيـار نـوع وظائف التنشـيط المطلوبـة على الأهـداف المطلوبة مثـل القدرة على التحليـل التحليلـى، والقـدرة الحسـابية، ونوع إشـارة المخرجـات المرغوبة.

على سـبيل المثال، قد تتطلب وظيفة تنشـيط معينـة ربط مجموعة متعددة مـن الخلايا العصبية بطرق مختلفة للقيـام بوظائف تفعيل مختلفة.

وبشكل عام، فإن المكونات الرئيسية للخلايا العصبية البشرية تشمل:

-1 طبقـة الإدخـال التـى تتكون من عـدد من الخلايـا العصبية المسـتخدمة لتمثيـل إشـارة الدخل التى سـوف تنتقل فـى الخلايـا العصبية.

-2 طبقـة الإخـراج التـى تتكـون من عـدد من الخلايـا العصبية المسـتخدمة لتمثيـل إشـارة الإخـراج التى تتكـون من عدد مـن الخلايـا العصبية.

-3 مصفوفـة لـوزن وتقييـم المدخـلات، وهـى تمثـل قـوة الاتصـالات بين الخلايـا العصبيـة فـى طبقـة الإدخـال والخلايا العصبيـة فى طبقـة الإخراج.

ويمكـن اسـتخدام قـوة التوصيل فـى جميع مصفوفـات الوزن لحسـاب قيمة وظيفـة التنشـيط. على سـبيل المثـال، إذا كانت إشـارة الدخل = A وإشـارة الإخراج = B سـيمكن تحليل العلاقة بين إشـارة الدخـل فى طبقة المدخلات، وإشـارة الإخـراج فى طبقة المخرجات، علما بأن الاتصـال بين الخلايا العصبية هو أحـادى الاتجاه.

وكل الخلايـا العصبيـة فـى كل طبقة لديها اتصـالات واردة فقط من الطبقة السـابقة، والاتصـالات الصـادرة فقـط إلـى الطبقـة التالية، ووتسـمى هذه البنية بــ "العمارة الشـبكة العصبية".

أنواع الشبكات العصبية

يتـم تحديـد نمـوذج الشـبكات العصبيـة الاصطناعيـة بنـاء علـى طريقـة الاتصـال، ووظيفـة التنشـيط، والطبقات. فعلى سـبيل المثـال، إذا كان لكل عصـب، اتصـالات واردة فقـط مـن الطبقـة السـابقة، والاتصـالات الصادرة فقـط إلـى الطبقـة التاليـة، وكانت الاتصـالات بيـن الخلايا العصبية تشـكل حلقـات، فإن الشـبكة تسـمى فـى هـذه الحالة بالشـبكة العصبيـة المتكررة. إمـا إذا كان هنـاك أكثـر من طبقـة للتواصل بيـن الخلايا العصبية، فتسـمى الشـبكة فى هـذه الحالـة "الشـبكة العصبيـة العميقة".

معدلات التعلم

وباختصـار، يمكـن للشـبكات اللاسـلكية الاسـتعانة بخوارزميات لكـى تتدرب علـى إجـراء الحسـابات، ولكـن الصعوبـة تكمـن فـى اختيـار معـدل التعلـم المناسـب لتحديـث القيم الواردة، واتخاذ القرار بناء عليهـا. إذ أن معدل التعلم يحـدد حجـم الخطـوة المطلوبـة، وبالتالـى اسـتخدام الخوارزميـة المناسـبة للوصـول إلـى القـرار الصحيـح. ومعـدلات التعلـم السـريع أو الضخـم يمكن أن تعقـد الخوارزميـة بشـكل كبيـر فتبعدها عـن الحل الأمثـل، لأن معدلات التعلـم الكبيـرة قـد لا تسـمح للنموذج باستكشـاف الحـل الأمثل. مـن ناحية أخـرى، فـإن معـدلات التعلـم القليلـة أو الصغيرة سـتؤدى إلى اتخـاذ قرارات أو حلـول غير مناسـبة بسـبب عدم قـدرة النمـوذج على التعميـم لقلة حجم البيانـات التـى يمكنه الاعتمـاد عليها. لذلك، يجب على مصممى الشـبكات أن يقـرروا بعنايـة وحذر طريقة التدريب المناسـبة للشـبكة، لتجنـب الإفراط فى المعلومـات وتجنـب ندرتها، اعتمـادا على السـيناريو والأداء المسـتهدف.

تطبيقات الشبكات العصبية فى الاتصالات اللاسلكية

تسـتخدم الشـبكات العصبية اللاسـلكية التى تعتمد على البرمجيات، والأجهزة الماديـة مـواد مقاومـة للتعديـل كهربائيـا لمحـاكاة وظيفـة التنشـيط التى تقـوم بهـا المشـابك العصبيـة فى الدماغ البشـرى. وتقـوم الأجهـزة المادية بمحـاكاة الخلايـا العصبية، بينما تقـوم البرمجيات بمحاكاة الشـبكة العصبية. ويتـم تخصيص عدة أجهـزة وعدة برمجيات للاتصـال، ولتعزيز قدرات تخزين البيانـات. وكل نـوع معين من هذه الأجهـزة والبرمجيات مناسـب للتعامل مع نـوع معين من البيانات. على سـبيل المثال، هناك أجهزة وبرمجيات تتناسـب فقـط للتعامـل مع البيانـات ذات الصلة بالوقـت، وأخرى مناسـبة للتعامل مع التدفـق المسـتمر للبيانات. ولكل نـوع مزاياه وعيوبه من حيـث مهام التعلم، والمهـام الأخـرى المتعلقة بحجم البيانـات، ووقت تدريب الشـبكة على القيام بالمهـام، ومسـاحة تخزين البيانـات، وتكمن المهارة فى كيفية اسـتغلالها فى مجموعـة متنوعة من التطبيقات فى الشـبكات اللاسـلكية.

خدمات مالية وحكومية

مـن أهـم المزايـا الرئيسـية للشـبكات العصبيـة هـو قدرتهـا على اسـتخراج الأنمـاط والتنبـؤ بهـا، والقدرة علـى تصنيف المهـام من بيـن مجموعات من

البيانات الضخمة. وبما أن الشبكات العصبية يمكن أن تستنبط أنواعا عديدة من العلاقات بين مجموعة متنوعة من المدخلات والمخرجات المتغيرة بمرور الوقت، فإنها مؤهلة بقوة لمعالجة مشاكل مثل التعرف على المحتوى، والتعرف على الأنماط، والتصنيف، والكشف عن الأخطاء. وبسبب هذه المزايا، فإنه من الممكن تطبيقها على نطاق واسع للقيام بالخدمات المالية، والحكومية، والرعاية الصحية، والنقل، والتسويق، والمبيعات. وإذا أدركنا أن تطوير الأجهزة الذكية والتطبيقات المحمولة قد زاد بشكل كبير من مستوى تفاعل المستخدمين البشريين مع نظم الاتصالات اللاسلكية، وتطور قدرات الأجهزة، لأدركنا أننا أمام ثورة هائلة في مجال قدرات الشبكات على تحليل السلوكيات البشرية وتصنيفها والتفاعل معها. وتتزايد الصورة وضوحا عندما نعرف أن تطوير المدن الذكية سيحفز استخدام شبكات الاتصالات العصبية لتحسين نوعية الخدمات المقدمة في مختلف مناحي الحياة.

حالة المرور

وتساعد قدرات الشبكات على تحليل البيانات، وتصنيفها وتوظيفها على إتاحة استخدامها للتنبؤ والاستدلال، والتعلم من مجموعات البيانات التي تم إنشاؤها بواسطة المستخدمين، والبيئة، وأجهزة الشبكة. فعلى سبيل المثال، يمكن أن تقوم الشبكات بالتنبؤ بأنماط حياة المستخدمين، ومن خلال ذلك، تقدم لهم المحتوى المناسب لهم شخصيا. وهذه التنبؤات تعتبر من صميم مفهوم الشبكات اللاسلكية الاستباقية، حيث يمكن للشبكة اللاسلكية التنبؤ بسلوك مستخدميها مسبقا، وتكييف عملياتها مع هذا السلوك. كما يمكن للشبكة معالجة بيانات حركة المرور على الطرق، وهي البيانات التي يتم جمعها من خلال أجهزة الاستشعار وأدوات الشبكة. وهنا يمكن للشبكة اللاسلكية الربط بين إشارات المرور على الطرق والإبلاغ عن حالة الحركة، وربما إعادة توجيه جزء من حركة المرور للاستجابة للحالة الراهنة للنظام.

الملاحة الجوية

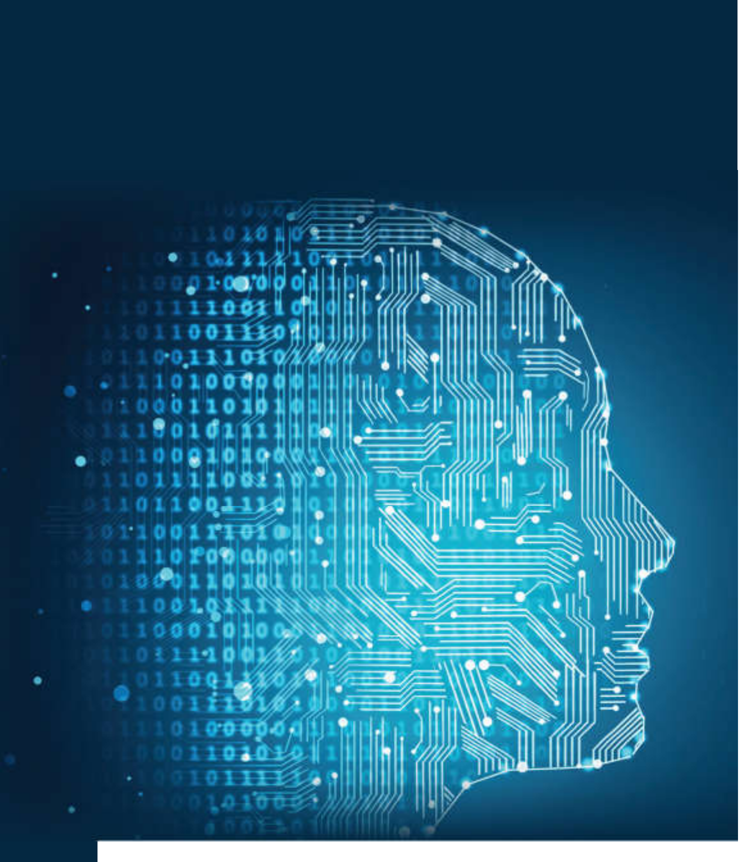
مع تزايد انتشار الطائرات بدون طيار، يمكن أن تلعب شبكات الاتصالات العصبية الذكية دورا مهما في عملية تنظيم حركة تلك الطائرات بالتواصل مع المحطات القاعدية، وأجهزة المستخدم النهائي. وبالتالي، ستتمكن من اتخاذ قرارات ذاتية لضبط مواقع الطائرات، ومسارات الطيران المناسبة فوريا اعتمادا على المعلومات التي يتم جمعها، وبالاستناد إلى قدراتها على التنبوء بسلوكيات المستخدمين، وتوليد البيانات. وبالتالي، فهي تستكمل البنية التحتية للاتصالات الأرضية. ومن المتوقع أن يكون هذا الاتصال اللاسلكي مع الأجهزة المتحركة في السماء من التطبيقات الرئيسية الحاسمة في نجاح الشبكة العصبية في القيام بمهام شديدة التغير.

تطبيقات أخرى

وهناك عدد كبير آخر من التطبيقات التي يمكن لشبكة الاتصالات العصبية القيام بها في المجالات الزراعية، والعسكرية، وعمليات التعدين، وخدمات التفتيش على المنشآت الصناعية. وتشمل هذه التطبيقات نقل صور الفيديو في الوقت الحقيقي، وعمليات المراقبة، والنقل.

إدارة الطيف

ستتيح شبكات الاتصالات العصبية التعامل مع الزيادة غير المسبوقة في حركة البيانات المتنقلة، وتوفير خدمات الجيلين الخامس والسادس من الاتصالات المحمولة بطريقة تفوق الخيال، فضلا عن أنها ستعزز بشكل كبير من إزدهار إنترنت الأشياء. فهي ستعزز الطرق الفعالة لإدارة الطيف الترددي المتاح. وفي الواقع، فإن أحد أهم التطورات الرئيسية في تصميم شبكات الجيل الخامس يعتمد على تكامل تكنولوجيات النفاذ المتعدد إلى الترددات المختلفة في إطار نظام واحد، بحيث يمكن أن تتاح لكل جهاز



متنقل إمكانيات لنقل البيانات عبر تكنولوجيا "التطور طويل المدى" LTE والواي فاي في نفس الوقت. وبالتالي تحسين أداء الأجهزة والتخفيف عن الشبكة وقت اللزوم، مما يعني انتقال سلس للمستخدمين، وزيادة قدرة النظام على تقديم خدمات ذات نوعية عالية.

وتعتبر إدارة الطيف أيضا عنصرا مهما في شبكات الجيل الخامس. حيث سيتزايد ارتباط الأجهزة بالشبكات، ويزداد الطلب على الطيف الترددي، وبالتالي سنواجه محدودية موارد الطيف. ويمكن تزويد الشبكات العصبية اللاسلكية بمحطات بث متعددة النمط. ومع القدرة على تعلم إدارة الموارد المناسبة على مختلف نطاقات الطيف، ستتوافر ذاتية تنظيم الطيف. ويمكن أن تستفيد الشبكات من معرفتها بأنماط تنقل المستخدمين للتنبؤ بتوافر قنوات للإرسال والاستقبال. كما ستتيح الشبكات متعددة القنوات لعدة محطات بث تخصيص الموارد بشكل صحيح عبر تلك الوصلات بطريقة مستقلة. والاستجابة للتغيرات، وبالتالي، التنبؤ بحالة توافر القناة في المستقبل. وبفضل التصميم الصحيح للشبكة يمكن أن تقوم الشبكة استباقيا بإعادة تنظيم مواردها بشكل تفاعلي لا مركزي.

إنترنت الأشياء

من المتوقع في المستقبل المنظور، أن يضم إنترنت الأشياء تريليونات من الأجهزة مثل الأجهزة القابلة للارتداء، وأجهزة الاستشعار، والسيارات المتصلة، أو الأجهزة الإلكترونية المنزلية، وسيتم ربطها جميعا بشبكة الإنترنت، وتشكيل نظام بيئي جديد.

ويتيح إنترنت الأشياء للأجهزة العمل بطريقة ذاتية التنظيم، كما يتيح نقل البيانات إلى أجهزة أخرى بأقل قدر من التدخل البشري. وعلاوة على ذلك، ستسهل إنترنت الأشياء للأجهزة التواصل ببعضها البعض عبر وصلات لاسلكية. وبالتالي، فإنها يمكن جمع وتبادل المعلومات في الوقت الحقيقي لتقديم الخدمات الذكية. كما تسمح إنترنت الأشياء بتقديم خدمات وحلول مبتكرة للمدن الذكية، والشبكات الذكية، والمنازل الذكية. على سبيل المثال، يمكن استخدام تقنية إنترنت الأشياء لإدارة جميع أنظمة المدينة بذكاء، مثل معلومات نظم الإدارة المحلية، والمدارس، والمكتبات، والنقل، والمستشفيات، وإمدادات المياه، والغاز، وأنظمة الكهرباء من أجل تحسين كفاءة الخدمات. وفي الوقت نفسه، يمكن لتجار التجزئة، وسلاسل المطاعم، وصانعي السلع الاستهلاكية استخدام البيانات الواردة من الهواتف الذكية، والأجهزة المنزلية للقيام بعمليات التسويق لمنتجاتهم.